ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

FICHE D'INFORMATION TECHNIQUE

Réacteur biologique à support fluidisé SMBR^{MD} avec garnissage Peenox^{MD}

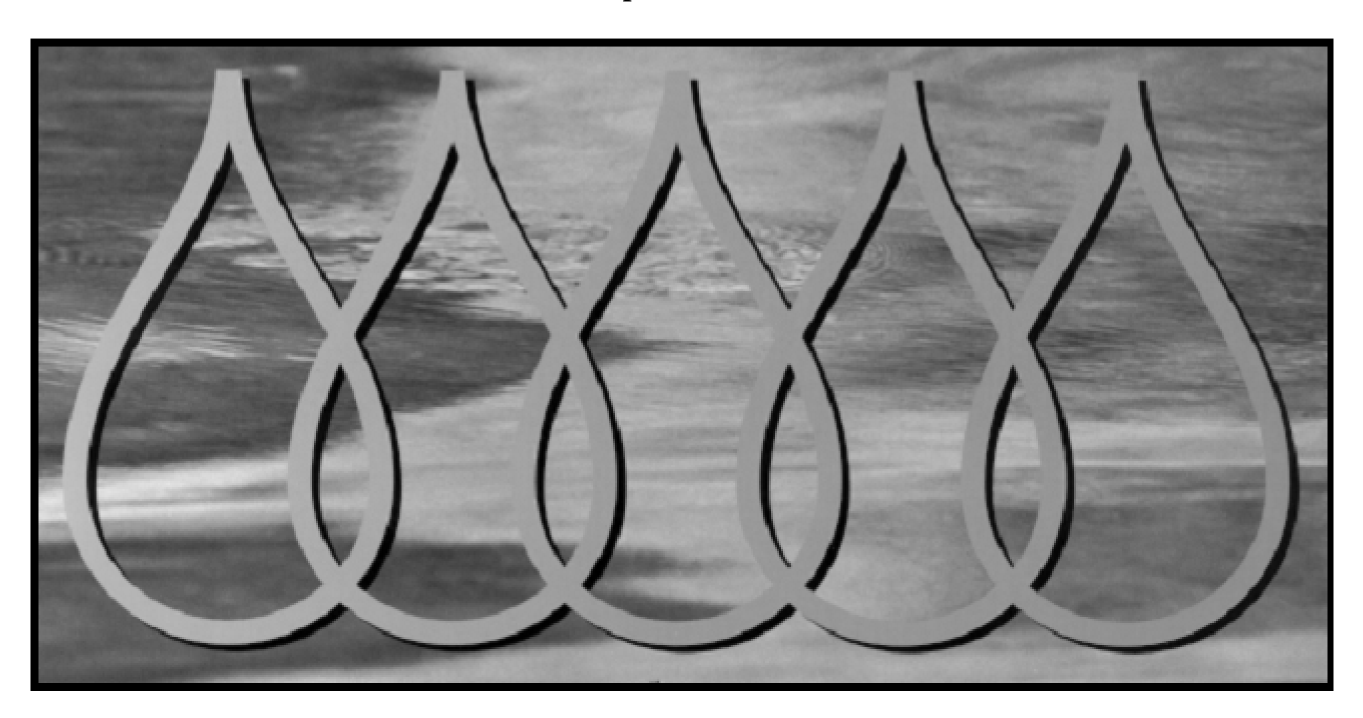
Domaines d'application :

Commercial, institutionnel et communautaire

Fiche de niveau :

Standard

Septembre 2012





1. DONNÉES GÉNÉRALES

- **Nom de l'équipement de procédé**

  Réacteur biologique à support fluidisé SMBR[MD] avec garnissage Peenox[MD]

- **Cadre juridique régissant l'installation de l'équipement de procédé**

  Chaque installation nécessite une autorisation préalable du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs en vertu de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

- **Nom et coordonnées du fournisseur**

  Mabarex inc.
  2021, rue Halpern
  Montréal (Québec) H4S 1S3
  Téléphone : 514 334-6721
  Télécopieur : 514 332-1775
  François Séguin, ing., M. Ing.
  Sylvain Allard, T. P.
  Courriel : fseguin@mabarex.com
  Courriel : sallard@mabarex.com
  Courriel: info@mabarex.com
  Site Internet : www.mabarex.com

2. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

- **Généralités**

  L'équipement de procédé SMBR[MD] avec garnissage Peenox[MD] a été reconnu comme technologie « En démonstration » en 2008 après une période de suivi expérimental à la station d'épuration de la municipalité de Sainte-Hélène-de-Bagot (voir la fiche EP-01). À la suite d'un suivi de démonstration, cet équipement peut maintenant faire l'objet de la présente fiche de niveau « standard ».

  Le réacteur biologique à support fluidisé SMBR[MD] avec garnissage Peenox[MD] est un équipement de procédé de traitement biologique à culture fixée sur un garnissage immergé qui est maintenu en mouvement dans la masse liquide. La biomasse qui se détache du garnissage est évacuée au fil de l'eau. La biomasse accumulée sur le garnissage est mise en contact avec le substrat, les nutriments et l'oxygène dissous grâce à l'agitation de la masse liquide dans les réacteurs.

  Le procédé ne nécessite pas de recirculation des boues et, conséquemment, il n'exige pas de contrôles particuliers du rapport F/M (DBO_5/matières volatiles en suspension) et de l'âge des boues.

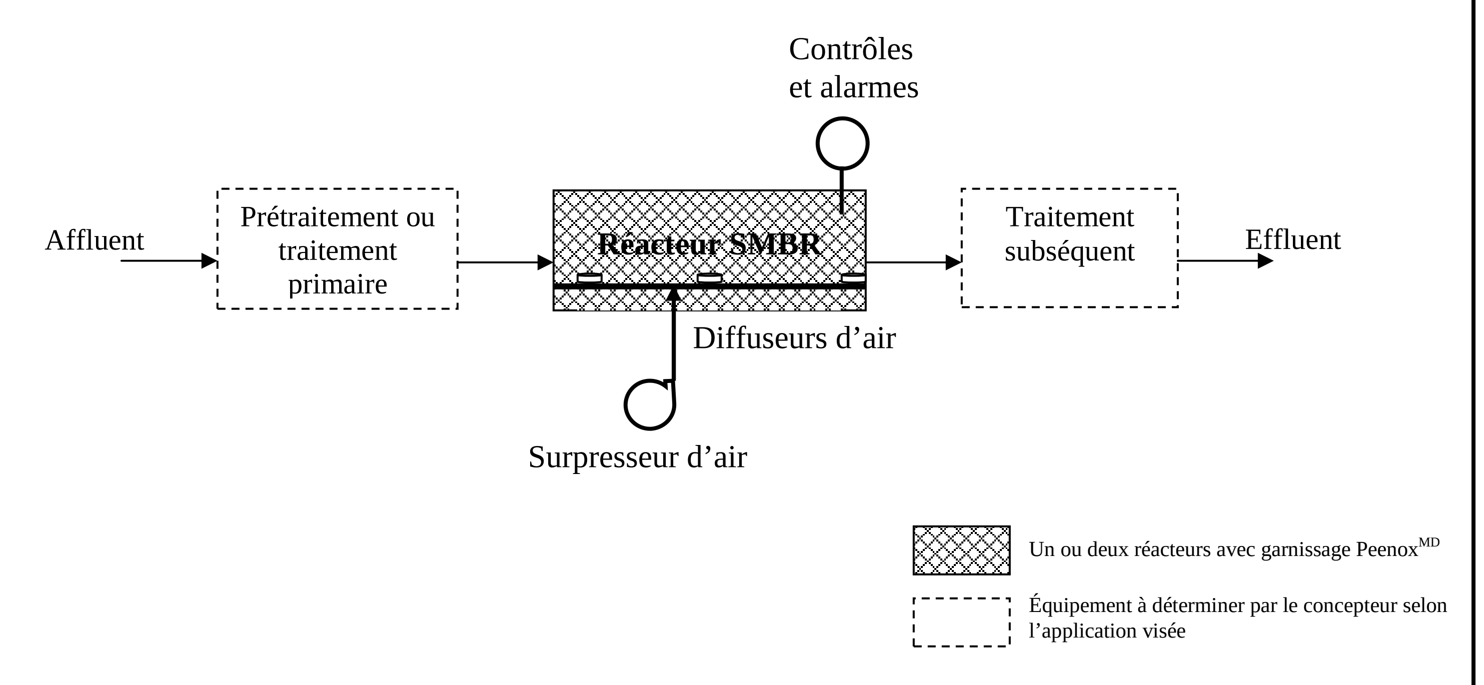
  Un système d'aération assure le transfert d'oxygène ainsi que le brassage de la phase liquide et du garnissage, et favorise le détachement de la biomasse produite au cours du processus de traitement.

- **Description détaillée**

  Le garnissage Peenox[MD] est en polyéthylène à haute densité extrudé d'une densité nominale de 0,95. Il est de forme cylindrique et son diamètre extérieur mesure 23 mm. Il a une surface volumique effective minimale de 400 m^2 par mètre cube de garnissage.

Des grilles de retenue ayant une ouverture de 12,5 mm maintiennent le garnissage dans les réacteurs.

- **Schéma de procédé**



- **Description de l'équipement de procédé évalué au cours des essais de démonstration**

Site de démonstration

Les essais se sont déroulés sur une période de 67 semaines, entre le 17 juin 2009 et le 9 septembre 2010. Des modifications ont dû être apportées au système de décantation secondaire, ce qui a entraîné la prolongation des essais. Les échantillons ont été prélevés du 14 octobre 2009 au 8 septembre 2010 sur l'installation à pleine échelle de la station d'épuration de Mont-Saint-Grégoire.

Les eaux usées domestiques sont acheminées à la station de traitement de Mont-Saint-Grégoire par un réseau d'égout municipal et sont relevées jusqu'à la hauteur de la station de traitement par un poste de pompage.

À la station d'épuration, les disques biologiques ont été remplacés par deux réacteurs biologiques de type SMBR de 70 m^3 chacun. La chaîne de traitement est constituée d'un tamis rotatif à alimentation externe ayant une ouverture de 2,54 mm, puis de 2 réacteurs biologiques installés en série avec un garnissage Peenox[MD]. Le pourcentage de garnissage dans les réacteurs atteignait 43 % du volume lors des essais. Des grilles de retenue ayant une ouverture de 12,5 mm maintiennent le garnissage dans les réacteurs. Le système d'aération des réacteurs est de type à moyennes bulles.

Un décanteur secondaire à fond conique d'une superficie de 67,6 m^2 est placé après les réacteurs biologiques. Le taux de charge hydraulique théorique appliqué sur les décanteurs est de 8 $m^3/m^2/d$ au débit moyen et de 24,6 $m^3/m^2/d$ au débit maximal de conception.

Les boues décantées sont pompées toutes les 138 minutes vers un bassin d'accumulation aéré, et le surnageant de ce bassin est retourné par gravité au début de la chaîne de traitement. L'extraction des boues décantées a été optimisée et est maintenant contrôlée par un automate programmable. Afin de limiter le transfert des boues du bassin d'accumulation de boue vers la chaîne liquide, l'aération dans le bassin est suspendue 60 minutes avant la séquence d'extraction des boues.

Les écumoires statiques existantes ont été enlevées et remplacées par une écumoire flottante. La disposition des chicanes a été modifiées afin d'optimiser l'extraction des écumes et d'éviter leur évacuation à l'effluent.

Le système a été conçu en fonction des débits et charges prévus sur un horizon de 10 ans. Le débit moyen des affluents à la station de Mont-Saint-Grégoire au cours de la période des essais est de 222 m^3/d.

Description et taux de charge observés lors de la démonstration

Réacteurs SMBR^{MD} :

- Nombre de réacteurs en série : deux (au cours de l'essai de démonstration)
- Temps de rétention hydraulique correspondant au débit moyen lors des essais : 7,68 h par réacteur (15,36 h au total pour les deux réacteurs)
- Taux de remplissage par le garnissage Peenox^{MD} lors des essais : 43 % du volume de chaque réacteur
- Charge appliquée lors des essais pour la réduction de la DBO_5C :
    - Taux de charge organique superficielle moyen : 3,2 g DBO_5C/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 1,6 g DBO_5C/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
    - Charge organique soluble superficielle moyenne : 1,6 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 0,8 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
- Charge appliquée favorable à la nitrification lors des essais :
    - Charge organique soluble superficielle moyenne : 0,8 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs et 0,07 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur le second réacteur
    - Charge superficielle moyenne en azote ammoniacal : 0,36 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
    - Charge superficielle moyenne en azote ammoniacal : 0,24 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur le second réacteur
- Aération :
    - Lors des essais, l'aération était supérieure aux besoins, et la concentration d'oxygène dissous observée se situait en moyenne à 5,3 et à 8,1 mg/L dans les réacteurs 1 et 2 respectivement.

3. PERFORMANCES ÉPURATOIRES OBTENUES AU COURS DES ESSAIS

Durant toute la période des essais, les eaux usées brutes arrivant à la station d'épuration provenaient d'un réseau d'égout municipal et contenaient les eaux usées industrielles prétraitées d'un abattoir. Les concentrations observées à l'entrée du premier bioréacteur SMBR[MD] étaient les suivantes :

Caractéristiques observées à l'entrée du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Écart type
DCO (mg/L)	490	240	858	166
$DCO_{soluble}$ (mg/L)	204	50	450	91
DBO_5C (mg/L)	175	63	362	67
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)	88	8	223	45
MES (mg/L)	177	69	300	63
Pt (mg/L)	8,0	3,6	12	2,0
NTK (mg/L)	54	27	83	15
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)	39	15	56	11
H&G (mg/L)	31	6,6	55	13
Alcalinité (mg $CaCO_3$/L)	403	280	518	53
pH	7,9	6,9	8,9	0,5
Température (^oC)	14,3	9,8	21,1	4,3
Débit (m^3/d)[2]	222	149	483	ND[3]

1. Basé sur 31 résultats d'analyse, sauf pour la température et le pH, pour lesquels il y a eu 30 résultats.
2. Débit durant la période du 1er octobre 2001 au 15 septembre 2010.
3. ND signifie « non disponible ».

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à la sortie du premier bioréacteur SMBR[MD] au cours des essais de démonstration sont les suivantes :

Caractéristiques observées à la sortie du premier bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Écart type	LRMA[2]	LRMS[3]	LRMP[4]
$DCO_{soluble}$ (mg/L)[5]	30	13	41	s. o.	60
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)[5]	4,0	1,8	5,2	s. o.	7,2
MES (mg/L)[5]	415	350	650	s. o.	1255
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)[5]	13	4,4	17	20	23,5
Nitrites (mg-N-NO_2/L)[5]	1,3	1,3	s. o.	s. o.	s. o.
Nitrates (mg-N-NO_3/L)[6]	6,3	4,6	s. o.	s. o.	s. o.
pH[7]	7,6	0,2	s. o.	s. o.	s. o.
Température (^oC)[8]	14,8	4,2	s. o.	s. o.	s. o.

1. Basé sur 31 résultats d'analyse pour la $DCO_{soluble}$, la $DBO_5C_{soluble}$, les MES, le $N\text{-}NH_4$, les nitrites et les nitrates.
2. Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 12 résultats.

3. Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 6 résultats.
4. Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 3 résultats.
5. Selon une distribution log-normale.
6. Selon une distribution normale.
7. Basé sur les mesures prises entre le 14 octobre 2009 et le 8 septembre 2010 à la sortie du bioréacteur 1. Les pH minimal et maximal étaient respectivement de 7,1 et de 8.
8. Basé sur les mesures prises entre le 14 octobre 2009 et le 8 septembre 2010 à la sortie du bioréacteur 1. Les températures minimale et maximale étaient respectivement de 10,4 et de 21 °C.

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à la sortie du second bioréacteur SMBR[MD] au cours des essais de démonstration sont les suivantes :

Caractéristiques observées à la sortie du second bioréacteur[1]

Paramètre	Valeur moyenne	Écart type	LRMA[2]	LRMS[3]	LRMP[4]
$DCO_{soluble}$ (mg/L)[5]	20	9,1	29	s. o.	44
$DBO_5C_{soluble}$ (mg/L)[5]	3,9	2,3	5,2	s. o.	7,6
MES (mg/L)[5]	518	503	823	s. o.	1596
$N\text{-}NH_4$ (mg/L)[5]	0,4	0,3	0,5	0,63	0,76
Nitrites (mg-N-NO_2/L)[5]	0,6	0,4	s. o.	s. o.	s. o.
Nitrates (mg-N-NO_3/L)[6]	21	7,0	s. o.	s. o.	s. o.
pH[7]	7,5	0,3	s. o.	s. o.	s. o.
Température (^{o}C)[8]	15	4,3	s. o.	s. o.	s. o.

1. Basé sur 31 résultats d'analyse pour la $DCO_{soluble}$, la $DBO_5C_{soluble}$, les MES, le $N\text{-}NH_4$, les nitrites et les nitrates.
2. Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 12 résultats.
3. Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 6 résultats.
4. Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) définie selon un percentile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % pour une moyenne de 3 résultats.
5. Selon une distribution log-normale.
6. Selon une distribution normale.
7. Basé sur les mesures prises entre le 14 octobre 2009 et le 8 septembre 2010 à la sortie du bioréacteur 1. Les pH minimal et maximal étaient respectivement de 7 et de 8.
8. Basé sur les mesures prises entre le 14 octobre 2009 et le 8 septembre 2010 à la sortie du bioréacteur 1. Les températures minimale et maximale étaient respectivement de 10,6 et de 21,4 °C.

Le Comité d'évaluation des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique (Comité) considère que le calcul des LRMA et LRMP n'est valable que pour des conditions d'application similaires à celles observées lors des essais.

4. EXPLOITATION ET ENTRETIEN

Pour chaque installation, un manuel d'installation et d'entretien du système de traitement SMBR[MD] doit être fourni au maître d'ouvrage. Tous les projets soumis pour autorisation doivent faire référence à ce document. Après la mise en service, l'ingénieur doit fournir un manuel d'exploitation pour l'ensemble de l'ouvrage qui inclut le manuel d'installation et d'entretien du système de traitement SMBR[MD]. Les recommandations sur l'utilisation, l'exploitation, l'inspection et l'entretien des équipements qui proviennent de ces manuels et qui visent à obtenir la performance technologique attendue engagent la responsabilité du fournisseur et de l'ingénieur.

La performance attendue des bioréacteurs dépend de l'utilisation, de l'exploitation et de l'entretien des équipements. L'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution ne peuvent être tenus responsables si le système n'est pas utilisé selon les recommandations formulées dans le manuel du fournisseur et le manuel complémentaire de l'ingénieur.

5. DOMAINES D'APPLICATION

Les conditions observées aux installations de démonstration correspondaient aux conditions d'essai spécifiées pour les domaines d'application suivants : commercial, institutionnel et communautaire.

6. CLASSE DE PERFORMANCE

Comme l'indique le document intitulé *Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* préparé par le Comité d'évaluation des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique, aucune classe de performance n'est établie pour la performance d'un équipement de procédé.

La moyenne et l'écart type indiqués pour les paramètres de suivi à la sortie des bioréacteurs sont donnés à titre indicatif. Les limites de rejet (LRMA, LRMS et LRMP) indiquent la capacité de l'équipement de procédé à respecter les objectifs de traitement ou les exigences de rejet 99 % du temps avec un degré de confiance de 95 % pour les taux de charge observés lors des essais.

Étant donné les exigences de rejet édictées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, lorsque cela est applicable à la sélection des équipements, les LRMA, LRMS et LRMP peuvent être comparées aux exigences en la matière pour les stations où l'on effectue un suivi mensuel.

S'il y a lieu, dans le cas de la DBO_5C, la DBO_5C particulaire doit être ajoutée à la DBO_5C soluble pour définir la capacité de l'équipement de procédé ou de la chaîne de traitement à respecter une exigence de rejet exprimée en DBO_5C totale.

7. VALIDATION DU SUIVI DE PERFORMANCE

Le Comité a vérifié les rapports de suivi de la performance et d'ingénierie de l'équipement de procédé préparés par l'Université de Sherbrooke et par Mabarex inc. suivant les prescriptions énoncées dans la

Procédure de validation de la performance des nouvelles technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique.

Il a jugé que les données obtenues au cours du suivi des essais de démonstration effectués à la station d'épuration de Mont-Saint-Grégoire répondent aux critères d'évaluation définis dans les procédures pour la publication d'une fiche d'information technique de niveau « **standard** ».

L'équipement de procédé doit être conçu, installé, exploité et entretenu de manière à respecter les performances épuratoires visées.

Les données contenues dans cette description de performance pourront être révisées, à la hausse ou à la baisse, à la suite de l'obtention d'autres résultats.

La présente fiche d'information technique constitue une description de la performance de l'équipement de procédé sur une plateforme d'essai. Elle ne constitue pas une certification ou une autre forme d'homologation Le Comité, le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs ne peuvent être tenus responsables de la contre-performance d'un système de traitement des eaux usées qui est conçu suivant les renseignements contenus dans cette fiche d'information technique.

L'entreprise demeure responsable de l'information fournie, et les vérifications effectuées par le Comité ne dégagent en rien l'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution de leurs obligations, garanties et responsabilités.

8. RECOMMANDATIONS DU FOURNISSEUR

Prétraitement et traitement primaire :

Selon l'application visée, le concepteur jugera de la pertinence de prévoir un dessablage ou une décantation primaire. Un dégrillage sur un tamis d'au plus 10 mm doit être prévu pour éviter le colmatage des grilles de retenue du garnissage dans les réacteurs.

Réacteurs SMBR[MD] :

- Nombre de réacteurs en série : selon l'application visée, un ou deux réacteurs peuvent être recommandés. Un seul bioréacteur est nécessaire pour l'enlèvement de la pollution carbonée. Le deuxième bioréacteur sert à la nitrification. Les réacteurs peuvent être enfouis pour répondre aux besoins spécifiques du projet.
- La surface spécifique protégée (disponible pour la croissance du biofilm) de garnissage requise est déterminée en considérant le taux de charge organique soluble superficiel (TCO), à l'aide de l'équation suivante :

  Surface spécifique totale de garnissage = (DBO_5C soluble dans l'affluent × débit moyen de conception)/TCO.

  L'ingénieur doit fournir des données en DBO_5C soluble afin d'établir la surface spécifique requise et comparer les résultats présentés dans cette fiche avec les rendements requis pour son projet.

- La surface spécifique protégée de garnissage requise pour la nitrification est déterminée en considérant le taux de charge en azote ammoniacal superficiel (TCN), à l'aide de l'équation suivante :

  Surface spécifique totale de garnissage = ($N\text{-}NH_4$ dans l'affluent × débit moyen de conception)/TCN.
- Taux de remplissage par le garnissage Peenox^MD : 43 % du volume de chaque réacteur au cours de l'essai de démonstration. Il est possible d'utiliser un pourcentage de remplissage variant de 30 à 70 %. Le volume utile du bioréacteur est obtenu en divisant le volume de garnissage requis par le pourcentage de remplissage sélectionné.
- Charge appliquée lors des essais pour la réduction de la DBO_5C :
  - Charge organique soluble superficielle moyenne : 1,6 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur le premier réacteur et 0,8 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs
- Charge appliquée lors des essais pour la nitrification :
  - Charge organique soluble superficielle moyenne de 0,8 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs et de 0,07 g DBO_5C soluble/d par mètre carré de garnissage sur le second réacteur
  - Charge superficielle moyenne en azote ammoniacal de 0,36 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur les deux réacteurs et de 0,24 g $N\text{-}NH_4$/d par mètre carré de garnissage sur le second réacteur

Taux de charge superficiel sur les bioréacteurs

Paramètre	Charges appliquées moyennes ($g/m^2/d$)		
	SMBR n°s 1 et 2	SMBR n° 1	SMBR n° 2
DBO_5 carbonée soluble	0,8	1,6	s. o.
$N\text{-}NH_3$	0,36	s. o.	0,24

Un taux de 8,7 milligrammes de HCO_3^- est requis pour chaque milligramme de NH_4^+ qui est nitrifié. Une concentration résiduelle de 80 milligrammes de HCO_3^- est nécessaire pour maintenir le pouvoir tampon des eaux traitées.

Note : Lorsque la température des eaux usées à traiter est inférieure à 10 °C, des corrections de la charge superficielle appliquée (ou de la charge volumique) sont nécessaires lors de la conception, en tenant compte d'un facteur de correction, pour le maintien de la performance épuratoire visée à l'effluent.

- Aération et mélange :
  - La quantité d'oxygène dissous dans l'eau du réacteur doit être maintenue à au moins 2 mg/L.
  - Le taux d'aération doit être suffisant pour assurer le brassage et un mélange uniforme du garnissage dans le réacteur. Il dépend de la charge à traiter et de la géométrie du système (profondeur d'eau, forme des bassins, type et disposition des rampes d'aération).
- Contrôles et alarmes :
  - Un interrupteur de haut niveau déclenche une alarme dans les réacteurs. Des alarmes sont activées également s'il y a des problèmes de fonctionnement du ou des surpresseurs.

- Le contrôle de l'oxygène dissous pour l'optimisation de la consommation énergétique est optionnel.

Traitement subséquent :

Le concepteur doit sélectionner les unités de traitement additionnelles requises selon l'application visée.

Afin de respecter les exigences de rejet relatives aux matières en suspension à l'effluent du système de traitement, un dispositif adéquat pour la séparation des solides et des liquides doit être prévu. Il devient alors essentiel de prévoir les équipements de décantation, de flottation ou de filtration nécessaires.

Si une décantation secondaire est planifiée dans le cadre d'un projet, il faut prévoir les équipements de décantation nécessaires. Divers facteurs peuvent influencer la performance, surtout s'il s'agit de petits décanteurs, notamment les processus de dénitrification (surtout lorsque le temps de rétention des boues dans le décanteur augmente), divers problèmes de court-circuitage, etc. Il faut donc prévoir des déflecteurs pour dissiper l'énergie à l'entrée du décanteur, des déflecteurs de sortie, des systèmes de récupération des écumes, une extraction automatisée des boues à intervalles rapprochés, ainsi que des équipements de dosage de sels métalliques ou de polymères pour faciliter la décantation.